

# КОСТНОЗАМЕЩАЮЩИЕ ИМПЛАНТАТЫ ИЗ МАТЕРИАЛА «РЕКОСТ-М» НА ОСНОВЕ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ЗАКРЫТИЯ ПОСТТРЕПАНАЦИОННЫХ ДЕФЕКТОВ ЧЕРЕПА: ДОКЛИНИЧЕСКИЕ И КЛИНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

DOI: 10.17691/stm2018.10.3.11

УДК 617.51–089.843

Поступила 19.04.2018 г.

© Ю.Н. Колмогоров, к.х.н., начальник производства<sup>1</sup>;  
И.В. Успенский, главный специалист<sup>1</sup>;  
А.Н. Маслов, руководитель производства костнозамещающих материалов<sup>1</sup>;  
А.Е. Новиков, ассистент кафедры травматологии и ортопедии<sup>2</sup>;  
Д.А. Тарасов, врач-нейрохирург<sup>3</sup>;  
Н.Л. Мячин, зав. нейрохирургическим отделением<sup>3</sup>;  
А.Ю. Гончаров, врач-нейрохирург<sup>3</sup>;  
А.С. Корзун, врач-нейрохирург<sup>3</sup>;  
Т.Ф. Латыпов, зав. нейрохирургическим отделением<sup>4</sup>;  
Д.А. Ядыков, врач-нейрохирург<sup>4</sup>;  
И.В. Балязин-Парфенов, д.м.н., доцент кафедры нервных болезней и нейрохирургии<sup>5</sup>

<sup>1</sup>«Айкон Лаб ГмБХ», Н. Новгород, 603003, ул. Баррикад, 1;

<sup>2</sup>Приволжский исследовательский медицинский университет, Н. Новгород, 603005, пл. Минина и Пожарского, 10/1;

<sup>3</sup>Республиканская больница им. В.А. Баранова, Петрозаводск, Республика Карелия, 185019, ул. Пирогова, 3;

<sup>4</sup>Больница скорой медицинской помощи, Набережные Челны, Республика Татарстан, 423803, Набережночелнинский проспект, 18;

<sup>5</sup>Ростовский государственный медицинский университет, Ростов-на-Дону, 344022, пер. Нахичеванский, 29

**Цель исследования** — оценить возможность применения инновационного имплантата из уретанового костнозамещающего материала «Рекост-М» для персонализированной реконструкции посттравматических дефектов черепа на основе 3D-технологий.

**Материалы и методы.** Для исследования свойств костнозамещающего материала «Рекост-М» проводили физико-механические и токсикологические испытания, а также доклинические испытания на культурах фибробластов и кроликах. Клинические данные разработанного имплантата изучали в рамках мультицентрового исследования.

**Результаты.** Замещение посттравматических дефектов черепа имплантатами из костнозамещающего материала «Рекост-М» зарекомендовало себя как надежный метод краниопластики. Использование 3D-технологии позволяет моделировать индивидуальные имплантаты любой сложности.

**Ключевые слова:** костнозамещающие материалы; «Рекост-М»; закрытие дефектов черепа; 3D-моделирование.

**Как цитировать:** Kolmogorov Yu.N., Uspensky I.V., Maslov A.N., Novikov A.E., Tarasov D.A., Myachin N.L., Goncharov A.Yu., Korzun A.S., Latypov T.F., Yadykov D.A., Balyazin-Parfenov I.V. Rekost-M bone replacement implants based on 3D modeling for closing post-craniotomy skull defects: pre-clinical and clinical studies. *Sovremennye tehnologii v medicine* 2018; 10(3): 95–103, <https://doi.org/10.17691/stm2018.10.3.11>

**Для контактов:** Успенский Игорь Вадимович, e-mail: [i.uspensky@iconlab.ru](mailto:i.uspensky@iconlab.ru)

## Rekost-M Bone Replacement Implants Based on 3D Modeling for Closing Post-Craniotomy Skull Defects: Pre-Clinical and Clinical Studies

Yu.N. Kolmogorov, PhD, Production Manager<sup>1</sup>;

I.V. Uspensky, Chief Expert<sup>1</sup>;

A.N. Maslov, Bone Replacement Materials Production Manager<sup>1</sup>;

A.E. Novikov, Assistant, Department of Traumatology and Orthopedics<sup>2</sup>;

D.A. Tarasov, MD, Neurosurgeon<sup>3</sup>;

N.L. Myachin, MD, Head of the Department of Neurosurgery<sup>3</sup>;

A.Yu. Goncharov, MD, Neurosurgeon<sup>3</sup>;

A.S. Korzun, MD, Neurosurgeon<sup>3</sup>;

T.F. Latypov, MD, Head of the Department of Neurosurgery<sup>4</sup>;

D.A. Yadykov, MD, Neurosurgeon<sup>4</sup>;

I.V. Balyazin-Parfenov, MD, DSc, Associate Professor, Department of Nervous Diseases and Neurosurgery<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Icon Lab GmbH, 1 Barrikad St., Nizhny Novgorod, 603003, Russia;

<sup>2</sup>Privolzhsky Research Medical University, 10/1 Minin and Pozharsky Square, Nizhny Novgorod, 603005, Russia;

<sup>3</sup>V.A. Baranov Hospital, 3 Pirogova St., Petrozavodsk, Republic of Karelia, 185019, Russia;

<sup>4</sup>Emergency Hospital, 18 Naberezhnochelnyy Prospect, Naberezhnye Chelny, Republic of Tatarstan, 423803, Russia;

<sup>5</sup>Rostov State Medical University, 29 Per. Nakhichevan, Rostov-on-Don, 344022, Russia

**The aim of the study** was to test an innovative implant made of the urethane bone-replacing material Rekost-M using 3D technologies for customized reconstruction of post-craniotomy skull defects.

**Materials and Methods.** To study the properties of the bone replacement material Rekost-M, physical, mechanical and toxicological tests, as well as preclinical studies on fibroblasts cultures and lab animals (rabbits) were carried out. Clinical evaluation of the developed implant was conducted within a multicenter trial.

**Results.** The replacement of post-craniotomy skull defects with implants made of the bone replacement material Rekost-M represents a reliable method of cranioplasty. Using 3D technology allows for modeling of individual implants of any complexity.

**Key words:** bone replacement materials; Rekost-M; closure of skull defects; 3D modeling.

### Введение

В настоящее время на мировом рынке имплантационных материалов для закрытия костных дефектов используются следующие:

синтетические (протакрил, палакос) [1];

аутоматериалы (аутокость) [2, 3];

керамические имплантаты (корундовая керамика);

металлы (титан и сплавы) [4, 5];

гидроксиапатит.

Одним из факторов, существенно влияющих на выбор материала, является биосовместимость. Имеются указания на то, что полиметилметакрилат и другие полимеры метакриловой кислоты не обладают достаточной биосовместимостью, часто токсичны для окружающей тканей и приводят к недопустимо большому количеству осложнений. Процесс полимеризации протакрила составляет более 1,5 ч, в течение которых наблюдаются достаточно сильный разогрев и выброс токсичных газов.

Корундовая керамика в 5% случаев дает трофические нарушения мягких тканей и требует удаления.

Некоторые авторы [3] считают, что для коррекции костных дефектов наиболее целесообразно применение аутопластических материалов, в частности аутокости. При отсутствии собственной кости предпочтительным материалом является аллокость, которая стимулирует процессы костеобразования со стороны тканей реципиента и служит источником новообразования костного регенерата.

Однако аутопластические материалы тоже не безобидны, так как могут вызывать осложнения воспалительного характера или подвергаться рассасыванию.

Сообщения, касающиеся применения титана и его сплавов, указывают на его достаточную биосовместимость и минимальное количество осложнений [4, 5].

Однако биосовместимость — не единственная проблема, с которой сталкивается хирург при закрытии костного дефекта. Существует проблема восстановления естественного рельефа дефекта, особенно

если он занимает сложные по конфигурации анатомические зоны. Смоделировать из титановой сетки сложную конфигурацию дефекта довольно проблематично.

Гидроксиапатитный цемент применяется для закрытия дефектов черепа, но размер дефекта не должен превышать 30 см<sup>2</sup>. При больших дефектах для улучшения физико-механических параметров гидроксиапатит необходимо армировать титановой сеткой. Также следует отметить его высокую (в десятки раз) стоимость по сравнению с другими материалами.

Все сказанное объясняет, почему проблема создания материала для закрытия костных дефектов, не имеющего перечисленных недостатков, остается крайне актуальной [6, 7].

«Айкон Лаб ГмбХ» (Россия) с 2011 г. ведет разработку материалов для закрытия костных дефектов при реконструктивно-пластических операциях, для изготовления костных имплантатов, замещения дефектов при различных костных патологиях. В 2014 г. синтезирован новый костнозамещающий материал «Рекост» и его отвержденный вариант «Рекост-М», содержащий остеокондуктивный и биосовместимый полимер [8]. В качестве такого полимера выступает полимер полиуретанового ряда, полученный из полиоксипропиленгликоля со средней молекулярной массой 1000, 4,4'-диизоцианатодифенилметана и глицерина (в Федеральной службе по надзору в сфере здравоохранения 03 июля 2014 г. получено регистрационное удостоверение на медицинское изделие №РЗН 2014/1646 «Материал полимерный костнозамещающий для реконструктивно-восстановительной хирургии серий «Рекост» и «Рекост-М»).

Физико-механические испытания материала проводились на оборудовании Zwick/Roell Z100 (Германия).

Полученный материал имеет размер пор 50–400 мкм. Прочность на сжатие составляет 25–35 МПа, адгезия к металлу и кости — 60–65 кг/см<sup>2</sup>.

Установлено, что физико-механические свойства материала «Рекост-М» (прочность и расширение) близки к нативной костной структуре и могут быть адаптированы для конкретной клинической задачи (рис. 1).

До момента полного затвердевания данный костнозамещающий материал обладает пластичностью и позволяет выполнять моделирование и склеивание. Он может быть сформован в виде пластин, цилиндров и другой формы индивидуальных имплантатов на основе 3D-технологии.

### Доклинические и клинические испытания

Доклинические испытания костнозамещающего материала «Рекост-М» по ИСО ГОСТ 10993 проводились в Нижегородском научно-исследовательском институте травматологии и ортопедии (Россия). Выполнены две серии экспериментов по изучению воздействия образцов материала на процессы адгезии, процессы пролиферации и синтез фибронектина дермальными фибробластами человека в системе *in vitro*. Для этого в стерильном боксе в чашке Петри готовили костнозамещающий материал следующим способом: к 10 мл форполимера добавляли 0,7 мл полиола с растворенным в нем катализатором. Затем по достижении полного затвердевания костнозамещающего материала в специальные ячейки площадью 1 см<sup>2</sup> помещали маленькие пробы материала размером 0,1 см<sup>2</sup> и наносили на них культуру фибробластов человека с разным промежутком времени. Контролем служила чистая культура фибробластов.

На первом этапе эксперименты проведены на трех штаммах дермальных фибробластов человека с двумя сериями костнозамещающего материала.

В табл. 1 представлено изменение плотности клеток на единицу площади культурального сосуда в процессе роста культуры в присутствии костнозамещающего материала. Исходная посевная концентрация — 20·10<sup>3</sup> кл./мл.

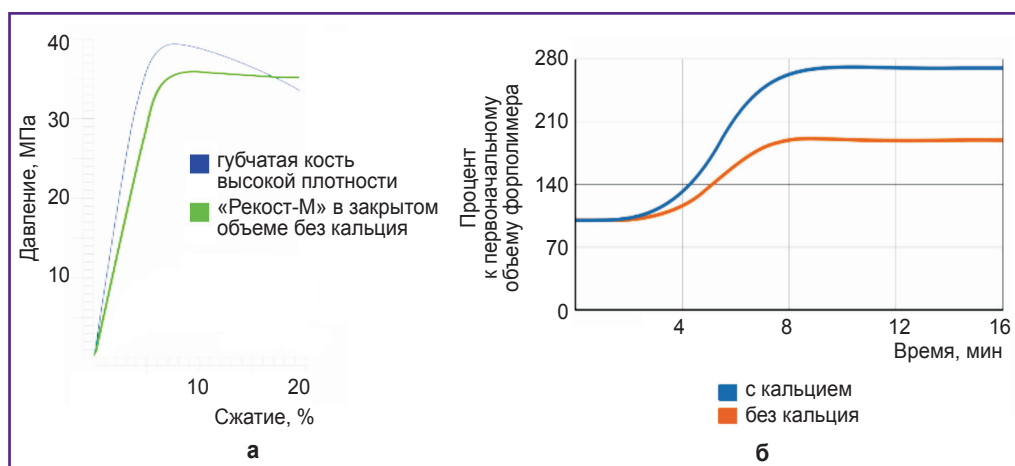


Рис. 1. Физико-механические свойства материала «Рекост-М»: а — прочность; б — расширение

Т а б л и ц а 1

**Плотность клеток в процессе роста культуры фибробластов в присутствии костнозамещающего материала «Рекост-М», кл./см<sup>2</sup>**

Группы	Эксперимент 1 (штамм 1)			Эксперимент 2 (штамм 2)			Эксперимент 3 (штамм 3)		
	Время роста культуры, ч								
	48	72	96	48	72	96	48	72	96
Контроль	26·10 <sup>3</sup>	39·10 <sup>3</sup>	43·10 <sup>3</sup>	31·10 <sup>3</sup>	47,6·10 <sup>3</sup>	71·10 <sup>3</sup>	27·10 <sup>3</sup>	36·10 <sup>3</sup>	41·10 <sup>3</sup>
Опыт	26·10 <sup>3</sup>	36,2·10 <sup>3</sup>	45·10 <sup>3</sup>	36·10 <sup>3</sup>	53·10 <sup>3</sup>	33·10 <sup>3</sup>	29·10 <sup>3</sup>	36,2·10 <sup>3</sup>	39,8·10 <sup>3</sup>

Т а б л и ц а 2

**Количество погибших клеток в процессе роста культуры фибробластов в присутствии костнозамещающего материала «Рекост-М», %**

Группы	Эксперимент 1 (штамм 1)			Эксперимент 1 (штамм 2)			Эксперимент 1 (штамм 3)		
	Время роста культуры, ч								
	48	72	96	48	72	96	48	72	96
Контроль	2	2	2	2	3	1	2	1	2
Опыт	2	1	2	2	2	2	1	2	2

Т а б л и ц а 3

**Содержание фибронектина в среде в процессе культурального роста в присутствии костнозамещающего материала «Рекост-М», нг/мл**

Группы	Эксперимент 1 (штамм 1)			Эксперимент 2 (штамм 2)			Эксперимент 2 (штамм 3)		
	Время роста культуры, ч								
	48	72	96	48	72	96	48	72	96
Контроль	1182	1571	1553	1102	1101	1281	914	1261	1342
Опыт	1251	1771	1872	1231	1602	1492	884	1273	1241

В табл. 2 представлено изменение процента погибших клеток в процессе роста культуры в присутствии костнозамещающего материала. Исходная посевная концентрация — 20·10<sup>3</sup> кл./мл. Жизнеспособность клеток определялась с помощью окраски витальным красителем трипановым синим.

В табл. 3 представлено изменение содержания фибронектина (нг/мл) в культуральной среде в процессе роста культуры в присутствии костнозамещающего материала. Исходная посевная концентрация — 20·10<sup>3</sup> кл./мл.

Результаты обеих серий экспериментов показали, что испытуемые образцы костнозамещающего материала не нарушают процессов адгезии, не влияют на процессы пролиферации и не изменяют синтез фибронектина клетками соединительной ткани в культуре.

Таким образом, эксперименты на культуре фибробластов человека свидетельствуют, что материал «Рекост-М» является биосовместимым, у него отсутствует цитотоксичность *in vitro*.

На втором этапе проведены испытания на 12 животных (кролики, чистая линия). Выполнена имплантация исследуемого материала в бедренную кость по три имплантата каждому размерами 3×5 мм.

Состояние кроликов нормализовалось через 12–24 ч. Температура — нормальная, животные — активны. Местных воспалительных реакций не отмечается.

Через 12 нед после имплантации из эксперимента было выведено 7 животных. На представленных микрофотографиях гистологических препаратов (рис. 2) отчетливо видно:

имплантированный материал не подвергся инкапсуляции и отторжению — нет образования фиброзной капсулы;

по границе контакта «кость–материал» появились новые остеобласты.

Таким образом, испытания на животных показали, что у всех использованных образцов костнозамещающего материала отсутствуют патологические реакции при оссальной (внутрикостной) имплантации — это также подтверждает биосовместимость и доказывает остеокондуктивность материала.

Совместно с ООО «ГИТО-Инновация» (Н. Новгород) [9–11] из материала «Рекост-М» начата разработка 3D-имплантатов для замещения костных дефектов черепа, длинных трубчатых костей. Для визуализации дефекта (типа и размеров, расположения и особенно-

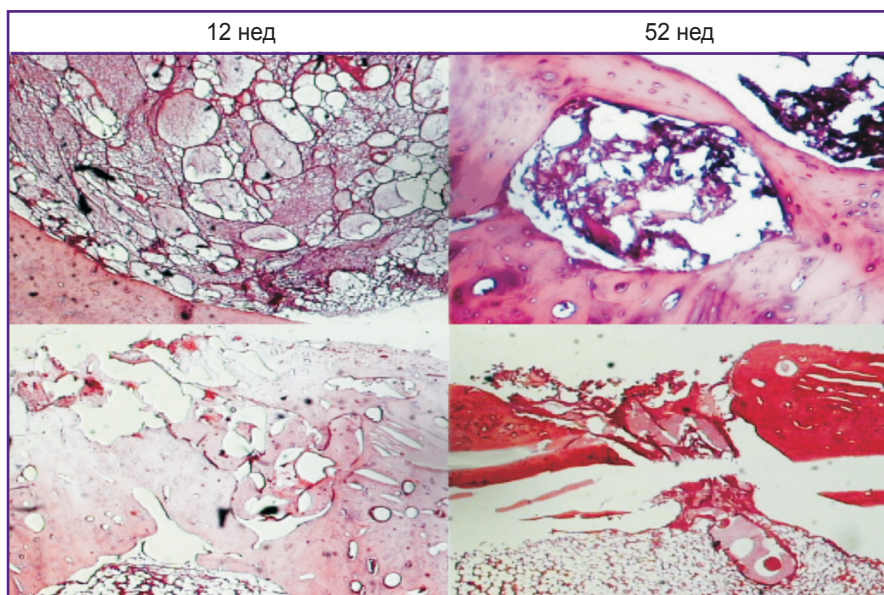


стей) каждому пациенту выполняется предварительная КТ в режиме костной реконструкции. Полученные данные нейровизуализации передаются изготовителю индивидуального имплантата.

Процесс изготовления 3D-имплантата происходит в несколько стадий. Сначала создается виртуальный макет имплантата путем обработки результатов КТ костей черепа с дополнительным 3D-моделированием для оптимизации финишного размещения имплантата и последующего непосредственного изготовления макета на 3D-принтере. Далее на основе полученного на 3D-принтере макета изготавливается форма для производства имплантата. После этого проводится подготовка и заливка материала (в данном случае — полимерного костнозамещающего материала для реконструктивно-восстановительной хирургии «Рекост-М») в полученную форму с последующим его отверждением за счет протекания химических реакций уретанообразования. По истечении 24 ч проводится извлечение полученного имплантата из формы. Выполняются финишная обработка имплантата в соответствии с начальными требованиями заказчика (учитываются требования к поверхности, наличию отверстий и так далее), этиленоксидная стерилизация и упаковка.

Клинические исследования костнозамещающего материала «Рекост-М» и имплантатов из него, выполненных по 3D-технологии, были проведены в Республиканской больнице им. В.А. Баранова (Петрозаводск, Республика Карелия), Больнице скорой медицинской помощи (Набережные Челны), на кафедре нервных болезней и нейрохирургии Ростовского государственного медицинского университета.

В отделении нейрохирургии Республиканской больницы им. В.А. Баранова в период с января 2016 г. по июнь 2017 г. выполняли краниопластику с использованием индивидуального биоимплантата «Рекост-М». Всего прооперировано 9 человек, из них 6 больных с диагнозом «посттравматический послеоперационный дефект черепа», 2 больных — с опухолевым поражением костей черепа (лейкомисаркома и остеомы кости черепа) и 1 больной — с состоянием после декомпрессионной гемикраниотомии. Размеры дефекта: у 7 больных — обширный, у 2 — большой. Локализация дефекта: у 6 больных — лобно-теменно-височная область, у 1 больного — лобно-орбитальная, у 1 — теменная, у 1 — лобная. У 1 пациента с дефектом в лобно-теменно-височной области отмечено энцефа-



**Рис. 2. Материал «Рекост-М» в бедренной кости кролика**  
Дефект выполнен хорошо сформированными костными балками со сформированными гаверсовыми каналами

лоцеле. Каждому больному выполнялась предварительная компьютерная томография с толщиной среза 1,25 мм в режиме костной реконструкции для расчета размеров дефекта черепа.

Все пациенты с посттравматическими дефектами были оперированы в промежуточный период, двоим пациентам с опухолями свода черепа выполнена первичная краниопластика. Фиксацию имплантата осуществляли металлическими краниофиксами. Всем пациентам был установлен дренаж с активной вакуумаспирацией, который удалялся на 2-е сутки.

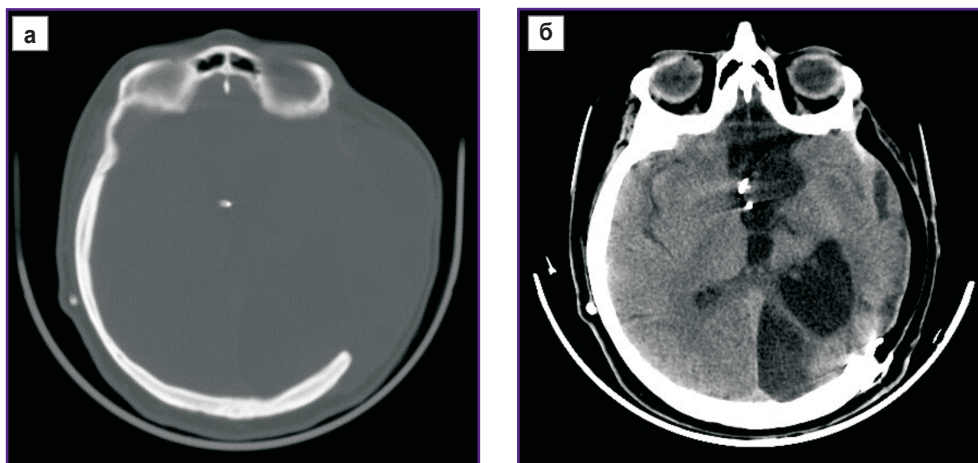
Исследование проведено в соответствии с Хельсинкской декларацией (2013) и одобрено Этическим комитетом Республиканской больницы им. В.А. Баранова. От каждого пациента получено информированное согласие.

Приводим клинические примеры использования 3D-имплантатов из материала «Рекост-М».

**Пациентка Ф., 39 лет, Петрозаводск.**

*Диагноз: «послеоперационный дефект свода черепа».*

*Анамнез: страдает аневризматической болезнью головного мозга. Оперирована 14.08.2014 г. по поводу разорвавшейся аневризмы слева, 18.08.2014 г. выполнялась обширная декомпрессионная краниотомия в связи с отеком мозга. После операции возникла сообщающаяся гидроцефалия, по поводу чего 30.09.2014 г. выполнено люмбо-перитонеальное шунтирование. После операции сохранялся выраженный неврологический дефицит: правосторонний глубокий гемипарез — до плечей в руке, афазия, нарушение зрения. 24.04.2015 г. в нейрохирургическом отделении пациентке выполнено вентрикуло-перитонеальное шунтирование в правой точке Кохера. 27.04.2015 г. — ревизия шунта.*



**Рис. 3.** Пациентка Ф., 39 лет, диагноз: «послеоперационный дефект свода черепа»  
Спиральная компьютерная томография головного мозга до (а) и после (б) краниопластики

Спустя год после операции по поводу разрыва аневризмы — плановая госпитализация для краниопластики. Пациентка оперирована в отделении нейрохирургии; выполнены менинголиз, энцефалоллиз, опорожнение кист головного мозга. Проведена пластика дефекта черепа индивидуально изготовленным протезом из материала «Рекост-М» (рис. 3).

**Пациент М., 34 года, Петрозаводск.**

Диагноз: «посттравматический дефект свода черепа».

Анамнез: травма 18.03.2016 г. в результате ДТП — прямой удар о недвижущийся предмет. Была потеря сознания. Находился на лечении в районной больнице с диагнозом: «острая черепно-мозговая травма, ушиб головного мозга; открытый экспрессионный перелом лобной кости». Выполнено оперативное лечение по

срочным показаниям: удаление отломков, первичная хирургическая обработка. Послеоперационный период — без особенностей.

Повторная госпитализация для пластики дефекта черепа проведена 22.06.2016 г. Выполнена краниопластика дефекта черепа индивидуальной краниопластикой «Рекост-М» (рис. 4).

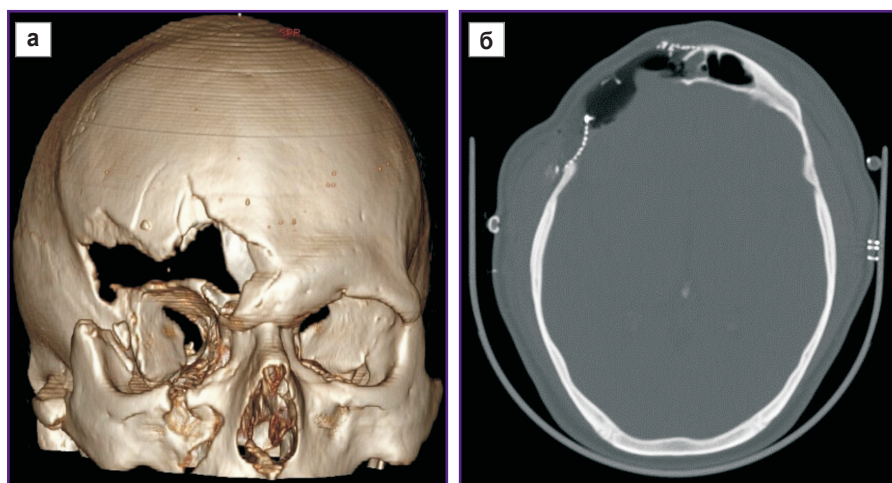
**Пациент Р., 52 года, Набережные Челны.**

Диагноз: «травматическая болезнь головного мозга. Поздний восстановительный период тяжелого ушиба головного мозга (октябрь 2013 г.). Состояние после декомпрессивной трепанации справа с удалением острой субдуральной гематомы и трепанации слева с удалением острой эпидуральной гематомы».

Анамнез: в октябре 2013 г. в результате ДТП (сбит машиной) пациент получил тяжелую черепно-мозговую травму — ушиб головного мозга тяжелой степени. Острая субдуральная гематома справа. Острая эпидуральная гематома слева. Дислокация срединных структур мозга влево на 10 мм. Отек головного мозга.

Выполнена декомпрессивная трепанация черепа справа с удалением острой субдуральной гематомы, трепанация слева с удалением острой эпидуральной гематомы. Состояние пациента — хороший регресс общемозговой и очаговой неврологической симптоматики. Выход из комы — на 2-е сутки. Регресс грубого левостороннего гемипареза до легкого за 22 дня госпитализации.

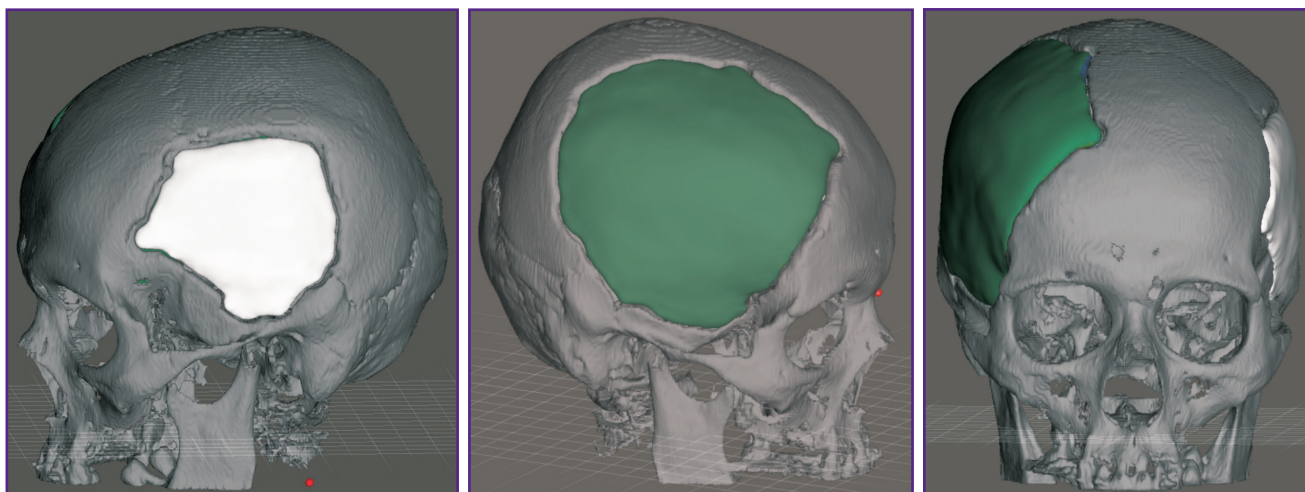
Оперативное вмешательство: 14.03.2017 г. выполнена



**Рис. 4.** Пациент М., 34 года, диагноз: «посттравматический дефект свода черепа»

а — 3D-реконструкция дефекта черепа на основе спиральной компьютерной томографии головного мозга; б — спиральная компьютерная томография после краниопластики





**Рис. 5.** Пациент Р., 52 года, диагноз: «травматическая болезнь головного мозга, состояние после декомпрессивной трепанации черепа справа и слева»; 3D-реконструкция дефектов черепа

краниопластика с двух сторон полимерным костнозамещающим материалом «Рекост-М» с использованием 3D-моделирования. Продолжительность операции — 90 мин. Кровопотеря — 150 мл. Осложнений нет. Протезы после менинголиза фиксированы костными швами. Подкожное пространство дренировано поливинилхлоридными дренажами на 24 ч.

Послеоперационный период протекал гладко, без осложнений. Пациент выписан на 8-е сутки (рис. 5).

**Пациентка Л., 41 год, Набережные Челны.**

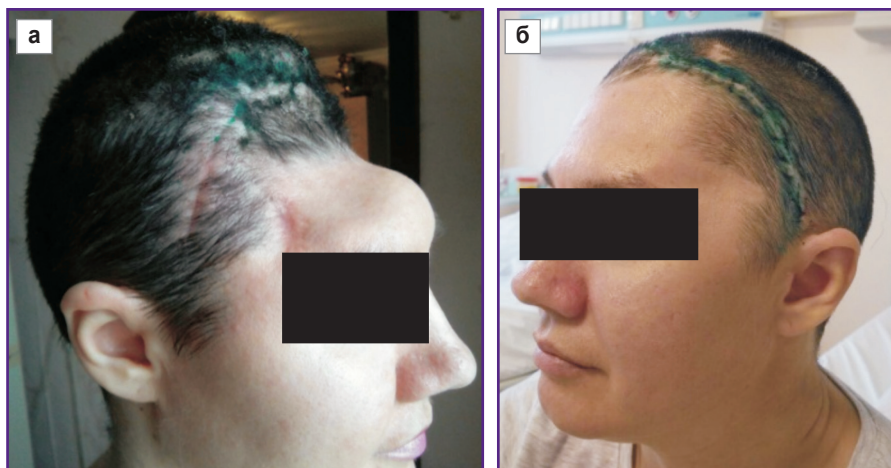
Диагноз: «поздний восстановительный период не-травматического субарахноидального кровоизлияния. Аневризматическая болезнь головного мозга. Состояние после открытого клипирования аневризмы передней соединительной артерии 05.02.2016 г. Состояние после декомпрессивной бифронтальной трепанации черепа 06.02.2016 г. Состояние после краниопластики аутокостью 05.10.2016 г. Остеомиелит костного лоскута, состояние после удаления бифронтального костного лоскута 11.01.2017 г.».

Анамнез: 05.02.2016 г. пациентка оперирована по поводу разрыва мешотчатой аневризмы передней соединительной артерии. 06.02.2016 г. в связи с некупируемой внутричерепной гипертензией и развитием отека головного мозга пациентке была выполнена бифронтальная декомпрессивная трепанация (костный лоскут сохранен подкожно в передней стенке живота). Послеоперационный период

протекал с хорошим регрессом неврологического дефицита. В октябре 2016 г. была выполнена краниопластика аутокостью. В январе 2017 г. в связи с развившимся остеомиелитом костного лоскута выполнено его удаление.

Оперативное вмешательство: 25.08.2017 г. выполнена краниопластика полимерным костнозамещающим материалом «Рекост-М» с использованием 3D-моделирования. Продолжительность операции — 70 мин. Кровопотеря — 100 мл. Осложнений нет. Периоперационная антибиотикопрофилактика — 1 г цефазолина. Протез после менинголиза фиксирован 8 костными швами. Подкожное пространство дренировано поливинилхлоридным дренажом на 24 ч.

Послеоперационный период протекал гладко, без осложнений. Пациентка выписана на 7-е сутки (рис. 6).



**Рис. 6.** Пациентка Л., 41 год, диагноз: «состояние после бифронтальной трепанации и краниопластики аутокостью, остеомиелит костного лоскута, состояние после удаления бифронтального костного лоскута»  
Состояние до (а) и после (б) краниопластики

**Пациентка Ж., 47 лет, Ростов-на-Дону.**

**Диагноз:** «состояние после костнопластической трепанации черепа в правой лобно-теменной области по поводу менингиомы, дефект костей свода черепа в правой лобно-теменной области».

**Анамнез:** 13.05.2015 г. пациентка оперирована по поводу менингиомы правой лобно-теменной области с внутрикостным ростом. Выполнена костно-пластическая трепанация черепа в правой лобно-теменной области, дополненная резекционной краниотомией. Постоянно получала противосудорожную терапию. Приступов не отмечалось. Наблюдалась у пульмонолога по месту жительства по поводу бронхиальной астмы. Беспокоит наличие дефекта костей свода черепа в правой лобно-теменной области размерами 7×3×3 см.

С целью уточнения размеров дефекта костей свода черепа выполнена спиральная компьютерная томография 15.10.2017 г. с последующим 3D-моделированием и изготовлением имплантата из биополимера «Рекост-М» для последующей краниопластики.

**Оперативное вмешательство:** 22.11.2017 г. больная оперирована, выполнена аллокраниопластика с применением 3D-моделирования для закрытия дефекта костей свода черепа. По старому послеоперационному рубцу выполнен подковообразный разрез. Кожно-апоневротический лоскут отсепарирован и отвернут. Распатором обработаны края костного дефекта, разделены спайки твердой мозговой оболочки с краем кости. Трансплантатом из материала «Рекост-М», изготовленным с применением метода 3D-моделирования, полностью конгруэнтно закрыт костный дефект. Трансплантат фиксирован четырьмя краниофиксами. Выполнен гемостаз в ране. Кожно-апоневротический



**Рис. 7.** Пациентка Ж., 47 лет, диагноз «дефект костей свода черепа в правой лобно-теменной области после костнопластической трепанации черепа по поводу менингиомы»; 3D-реконструкция дефектов черепа

лоскут уложен на место. Рана ушита отдельными узловыми швами.

Выписана 02.12.2017 г. с выздоровлением (рис. 7).

### Заключение

Замещение посттрепанационных дефектов черепа имплантатами из костнозамещающего материала «Рекост-М» зарекомендовало себя как надежный метод краниопластики. Использование 3D-технологии позволяет моделировать индивидуальные имплантаты любой сложности.

**Финансирование исследования.** Работа проведена на собственные средства авторов.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.

### Литература/References

1. Педаченко Е.Г., Куцаев С.В. Современные костные цементы для пункциональной вертебропластики. Украинський нейрохірургічний журнал 2001; 4: 24–31. Pedachenko E., Kushchayev S. Modern bone cements for vertebroplasty. *Ukrain'skiy neyrokhirurgichniy zhurnal* 2001; 4: 24–31.
2. Гинзбург Е.Р., Старых Е.С. Применение консервированных брешфотрансплантатов в хирургии дефектов костей свода черепа. В кн.: Материалы V съезда нейрохирургов России. Уфа; 2009; с. 383. Ginzburg E.R., Starykh E.S. Primenenie konservirovannykh breshfotransplantatov v khirurgii defektov kostey svoda черепа. V kn.: *Materialy V sezda neyrokhirurgov Rossii* [The use of preserved brephotransplants in the surgical treatment of bone defects of the cranial vault. In: Proceedings of the V Congress of Neurosurgeons of Russia]. Ufa; 2009; p. 383.
3. Бельченко В.А., Притыко А.Г. и др. Костные ауто-трансплантаты со свода черепа в хирургии врожденных и приобретенных деформаций черепно-лицевой области. В кн.: Материалы V съезда нейрохирургов России. Уфа; 2009; с. 381. Belchenko V.A., Prityko A.G., et al. Kostnye autotransplantaty so svoda черепа v khirurgii vrozhdennykh i priobretennykh deformatsiy cherepno-litsevoy oblasti. V kn.: *Materialy V sezda neyrokhirurgov Rossii* [Bone autografts from the cranial vault in the surgery of congenital and acquired deformities of the craniofacial bones. In: Proceedings of the V Congress of Neurosurgeons of Russia]. Ufa; 2009; p. 381.
4. Леонов С., Кузнецов Д., Евсеев М. Опыт использования перфорированной титановой сетки «ротормед» при пластике дефектов черепа. В кн.: Материалы V съезда нейрохирургов России. Уфа; 2009; с. 391. Leonov S., Kuznetsov D., Evseev M. Opyt ispolzovaniya perforirovannoy titanovoy setki "rotormed" pri plastike defektov черепа. V kn.: *Materialy v sezda neyrokhirurgov Rossii* [The use of a perforated titanium mesh Rotormed in the skull defects plastic surgery. In: Proceedings of the V Congress of Neurosurgeons of Russia]. Ufa; 2009; p. 391.
5. Геворков А.В., Давыдов Е.А. Аутокраниопластика с применением демпферных фиксаторов из никелида титана с термомеханической памятью формы. В кн.: Материалы V съезда нейрохирургов России. Уфа; 2009;



- с. 382. Gevorkov A.V., Davydov E.A. Autokranioplastika s primeneniem dempfernykh fiksatorov iz nikelida titana s termomekhanicheskoy pamyatyu formy. V kn.: *Materialy V sezda neyrokhirurov Rossii* [Autocranioplasty with the use of damping fasteners made of titanium nickelide with thermomechanical shape memory. In: Proceedings of the V Congress of Neurosurgeons of Russia]. Ufa; 2009; p. 382.
6. Липатов Ю.С., Керча Ю.Ю., Сергеева Л.М. Структура и свойства полиуретанов. К: Наукова думка; 1970. Lipatov Yu.S., Kercha Yu.Yu., Sergeeva L.M. *Struktura i svoystva poliuretanov* [Structure and properties of polyurethanes]. Kiev: Naukova dumka; 1970.
7. Композиционные материалы на основе полиуретанов. Под ред. Бюист Дж.М. М: Химия; 1982. *Kompozitsionnye materialy na osnove poliuretanov* [Composite materials based on polyurethanes]. Pod red. Buist J.M. [Buist J.M. (editor)]. Moscow: Khimiya; 1982.
8. Колмогоров Ю.Н., Успенский И.В., Слияков А.Ю., Новиков А.Е. Костнозамещающий материал. Патент РФ RU 2518753. 2014. Kolmogorov Yu.N., Uspenskiy I.V., Slinyakov A.Yu., Novikov A.E. Filler material. Patent RU 2518753. 2014.
9. Горбатов Р.О., Нифтуллаев Р.М., Новиков А.Е. Прецизионные персонифицированные имплантаты для замещения костных дефектов при лечении пациентов с остеонкологией. *Современные проблемы науки и образования* 2016; 6: 247. Gorbатов R.O., Niftullaev R.M., Novikov A.E. Precision personalized implants to replace bone defects for treatment of patients with osteonkology. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* 2016; 6: 247.
10. Клеменова И.А., Новиков А.В., Горбатов Р.О., Новиков А.Е. Индивидуальные имплантаты из костнозамещающего материала для лечения онкологической патологии костной ткани. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований* 2017; 9: 30–33. Klemenova I.A., Novikov A.V., Gorbатов R.O., Novikov A.E. Individual implants from bone replacing materials for treatment of oncological pathology of bone tissue. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy* 2017; 9: 30–33.
11. Карякин Н.Н., Горбатов Р.О., Новиков А.Е., Нифтуллаев Р.М. Хирургическое лечение пациентов с опухолями длинных трубчатых костей верхних конечностей с использованием индивидуальных имплантатов из костнозамещающего материала, созданных по технологиям 3D-печати. *Гений ортопедии* 2017; 23(3): 323–330. Karyakin N.N., Gorbатов R.O., Novikov A.E., Niftullaev R.M. Surgical treatment of patients with tumors of long bones of upper limbs using tailored 3D printed bone substitute implants. *Geniy ortopedii* 2017; 23(3): 323–330.